

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-168227

(43)Date of publication of application : 28.06.1990

(51)Int.Cl.

G02F 1/015  
G02F 1/015

BEST AVAILABLE COPY

(21)Application number : 63-325198

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 22.12.1988

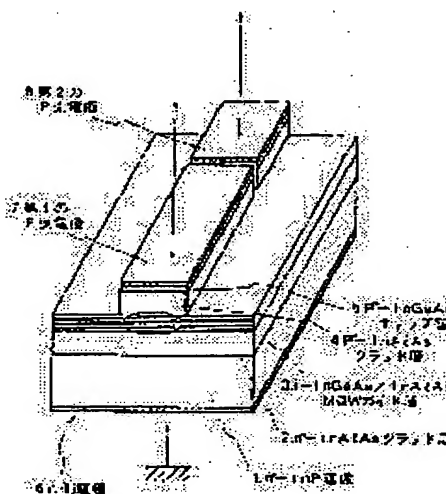
(72)Inventor : AJISAWA AKIRA

## (54) OPTICAL PHASE MODULATOR

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To lower a driving voltage and to further decrease losses by providing plural modulating electrodes for independently impressing electric fields to optical waveguide and varying respectively the lengths of the plural modulating electrodes.

**CONSTITUTION:** The entire surface of the (p) side electrode having a multiple quantum well (MQW) structure is subjected to vapor deposition and striped resist patterns having a gap on the way are formed in such a manner that the waveguides of a tandem structure can be formed with photolithographic method. With such resist patterns as a mask, etching is executed down to the boundary face of the i-InGaAs/InAlAsMQW guide layers 3 and the p<sup>+</sup>-InAlAs clad layers 4 by a RIBE method. The (n) side electrodes 6 are then subjected to vapor deposition and are cloven to form incident and exit end faces. The 2nd (p) side electrode 8 is cloven by changing the length thereof while the 1st (p) side electrode 7 is held intact. The low driving voltage and low losses are obtd. in this way and further, the many value phases are obtd. with one voltage value.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## ⑫ 公開特許公報(A)

平2-168227

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>

G 02 F 1/015

識別記号

5 0 5  
5 0 1

庁内整理番号

8106-2H  
8106-2H

⑭ 公開 平成2年(1990)6月28日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 光位相変調器

⑯ 特 願 昭63-325198

⑰ 出 願 昭63(1988)12月22日

⑱ 発 明 者 味 澤 昭 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内  
⑲ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号  
⑳ 代 理 人 弁理士 内 原 晋

## 明 細 書

発明の名称 光位相変調器

## 特許請求の範囲

半導体多重量子井戸構造を光導波路とする光位相変調器であって、前記光導波路に独立に電界を印加する複数の変調電極を有し、前記複数の変調電極の長さが各々異なることを特徴とする光位相変調器。

## 発明の詳細な説明

## (産業上の利用分野)

本発明は、コヒーレント光通信で用いられる光位相変調器に関するものである。

## (従来技術とその問題点)

光の位相偏移変調(PSK)を用いたコヒーレント光通信は直接検波方式や光の周波数偏移変調(FSK)、振幅偏移変調(ASK)を用いるコヒーレント光通信方式と比較して高受信感度を実現できる特徴を有する。このPSK方式によるコヒーレント光通信に関

して、これまでにいくつかの実験報告が為されており、上述の高受信感度が得られることが実験的に確認されている(Elec. Letts.Vol.22, No.1, 1986)。

ここで用いられる位相変調器としては、小型化が可能、光アンプとの集積の可能性を有するという観点から、半導体材料を用いたもの、特に電界による屈折率変化が大きい多重量子井戸(MQW)を用いたものが有望とみられ、近年盛んに研究が行われている。その中で、比較的優れたものとして、MOCVD成長によるInGaAs/InP MQW位相変調器がある(Appl. Phys. Letts.Vol.50, No.7, P.368, 1987)。しかしながら、この位相変調器はMQWのウェル厚の最適化及び導波路厚の最適化が不十分であり、位相変調器の動作に必要な駆動電圧である半波長電圧が17Vと大きいのが問題であった。これを解決するために、駆動電圧の低減を考えた設計を行うと、伝搬損失がかなり大きくなることが予想される。

PSK方式の中でも、位相の0、 $n/2$ 、 $\pi$ 、 $3\pi/2$ の4値を用いる4相PSK方式においては、伝送容量が2倍になる利点を有している。

第4図は4相PSK方式に使用する位相変調器について説明するための図である。第4図(a)は単一電極の位相変調器13を用い3値の電圧を与えることにより位相を $n/2$ 、 $\pi$ 、 $3\pi/2$ と変化させる方式である。これに対し第4図(b)は同一の位相変調器をタンデムに接続したものであり、この様なタンデム構造の位相変調器では第1の位相変調器11では電圧 $V_1$ で位相変化を $\pi$ 、第2の位相変調器12では電圧 $V_2$ で位相変化を $n/2$ 変化させ、これらを組合わせることにより、位相の $n/2$ 、 $\pi$ 、 $3\pi/2$ を得る方式である。この方式では最大必要な位相変化は $\pi$ でよいから第4図(a)に示した方式に比べ最大の駆動電圧を下げることであり、更に $V_1$ 、 $V_2$ と2値の電圧値でよいから、電気回路的にも有利である。しかし、素子長が2倍となってしまうため、伝搬損失が大きくなるという問題がある。特に、MQW位相変調器の場合は単位長当りの損失が大きいため、これは重大な問題と

なり、吸収ピークが明瞭にみられる。吸収係数とクラマースクローニツヒの関係にある屈折率のスペクトラムにはエキシトンの吸収ピークに対応して大きな段差が生じる。MQWの各層に垂直な方向に電界を印加した場合、エキシトンはある程度の形状を保ったままで長波長側へシフトする。従って、これに対応して屈折率スペクトルも第2図(b)に示したように、電界が0の時の段差を保ったまま長波長側へシフトした形状となる。その結果、電界が0の時のエキシトンピーク波長近傍では、最初にあった屈折率スペクトルの段差程度大きく電界により屈折率は減少するが、ある程度長波長側の波長域では電界により増加する。この波長域、例えば $\lambda_0$ ではエキシトンピークシフトによる吸収変化は小さいため、位相変調器としてはこの波長を使用するのが望ましい。

またエキシトンピークのエネルギーシフト量は電界の2乗に比例することが一般に知られており、それに伴う屈折率変化も屈折率が増加する波長域では2次関数的に変化する。従って電界強度が大き

なってくる。以上述べたことは4相PSKに限らず一般に多相PSKで問題となる。

本発明の目的は、駆動電圧が低く更に損失を低減した多相PSK用の光位相変調器を提供することにある。

(問題を解決するための手段)

本発明による位相変調器は、半導体多重量子井戸構造を光導波路とする光位相変調器であって、前記光導波路に独立に電界を印加する複数の変調電極を有し、前記複数の変調電極の長さが各々異なることを特徴とするものである。

(作用)

本発明は多重量子井戸(MQW)構造への垂直電界によるエキシトンピークの長波長側へのシフトによって生ずる屈折率増加を利用したものである。

まずこの電界による屈折率変化について簡単に説明する。第2図(a),(b)は各々MQW構造の各層に垂直な電界による、吸収係数、屈折率の変化の傾向を示す図である。電界が印加されていない場合には吸収端近くの吸収スペクトラムにはエキシトン

の方が、単位電界当りに得られる屈折率変化は大きい。位相変調器に必要な位相変化は、屈折率変化と素子長の積によって決まり、素子長を長くすれば小さい屈折率変化でも必要な位相変化が得られ、また逆に屈折率変化を大きくすれば短い素子長で所望の位相変化が得られる。

本発明はこの後者の考えに基づき、MQWの電界による屈折率変化を多相PSK方式に適用するタンデム構造の位相変調器に応用したもので、MQWへの電圧を許容される最大限の駆動電圧に設定し、それによる屈折率変化とタンデム構造の各導波路で必要としている位相変化とから素子長を決定することにより、伝搬損失を極力抑え、低損失化を図ったものである。

(実施例)

第1図は、本発明による光位相変調器の実施例を示す図である。材料系としては、ここでは1.55 $\mu\text{m}$ 帯での動作を考えているため、InGaAs/InAlAs系を用いた場合につき説明するが、波長を特に限定しなければ、InGaAsP/InP、GaAs/AlGaAs系等、室温

で安定なエキシトン吸収ピークが観測できるMQW構造が製作できる材料系であれば本発明は適用可能である。

まず第1図を用いて本実施例の製作方法について簡単に説明する。 $n^+$ -InP基板1上に $n^+$ -InAlAsクラッド層2(1.0 $\mu$ m)、i-InGaAs/InAlAsMQWガイド層3(0.5 $\mu$ m)、 $p^+$ -InAlAsクラッド層4(1.0 $\mu$ m)、 $p^+$ -InGaAsキャップ層5(0.2 $\mu$ m)をMBE法により順次成長する。この時MQWのInGaAsウェル厚を65Å、InAlAsバリア厚を65Åとした。またこのウェルのMQWのエキシトンピーク波長は1.45 $\mu$ mであった。次にp側電極を全面蒸着し、フォトリソグラフィ法によりタンデム構造導波路が形成出来る様に、途中にギャップのあるストライプ状のレジストパターンを形成し、このレジストパターンをマスクとして、RIBE法によりi-InGaAs/InAlAsMQWガイド層3と $p^+$ -InAlAsクラッド層4の界面までエッチングする。この時タンデム構造電極の電気的な独立性も同時に得られている。また導波路幅は2 $\mu$ mであ

る。最後にn側電極6を蒸着し、へき開によって入出射端面を形成する。

次にこの位相変調器の動作について説明する。まず最初に、電極を分割しないものについて素子長1mmにへき開したものを評価した。第3図はこの素子の電圧に対する位相変化の評価結果で、波長1.550 $\mu$ mのTEモードにより評価したものである。位相変化が $n$ 得られるときの電圧(半波長電圧)は3V、 $2n$ 得られるときの電圧は5Vであり、電圧に対する位相変化が線形でないことが示されている。このとき、位相変調器には不必要な振幅変調は6V以下の電圧では1dB以下と非常に小さく、良好な特性を示した。また伝搬損失は8dB/mmであった。4相PSK用にこの素子を2個タンデムに接続すると、電圧は3V( $n$ 変調)と2V( $n/2$ 変調)とかなり低電圧化が図れるが、素子長が2mmとなるため伝搬損失だけで16dBとなり結合損失約5dBを含めると挿入損失は20dB以上となる。ここで(作用)の項でも説明したように、2つの電極に同じ電圧3Vをそのまま用いることを考えタンデム構造電極の長さを検討した。

第3図より3Vでの位相変調指数は、60°/Vmmである。従って、第1図において第1のp側電極7を1mmとそのままにし、第2のp側電極8を500 $\mu$ mとなる様に、本発明主旨に基づき長さを変えてへき開した。その結果、第1のp側電極7及び第2のp側電極8に各々同一の電圧3Vを印加することで、各々位相を $n$ 、 $n/2$ 変化させることができ、4相PSKに必要な位相変調を低電圧で行なうことができ、更に1つの電圧値で実現することができ、その上全体の素子長を3/4に短くすることで伝搬損失も12dBと約4dBで改善することができ、低駆動電圧、低損失の両方を満足する4相PSK用のタンデム構造の位相変調器が出来た。また必要な駆動電圧を3V فقطと1つの電圧値でよく駆動電気回路も簡単なもので良いという利点がある。

また上述した実施例では4相PSKについて述べたが、本発明はこれに限らず多相PSKに適用できる。例えば8相PSK用には0、 $n/4$ 、 $n/2$ 、 $3/4n$ 、 $n$ 、 $5/4n$ 、 $3/2n$ 、 $7/4n$ の位相変化が必要であるが、その

ためにはタンデム構造電極を3分割し、各々の長さの比を1:2:4にすればよい。

(発明の効果)

以上詳細に説明したように本発明によれば、多相PSK方式に適用可能な低駆動電圧、低損失で更に一つの電圧値で多値の位相が得られ、駆動回路的にも有利な光位相変調器が得られる。

図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例を示す図、第2図はMQWに垂直な電界が印加された場合の屈折率変化を説明するための図、第3図はMQWを導波路とした位相変調器の電圧に対する位相変化を説明するための図、第4図は4相PSKを説明するための図である。

図において、

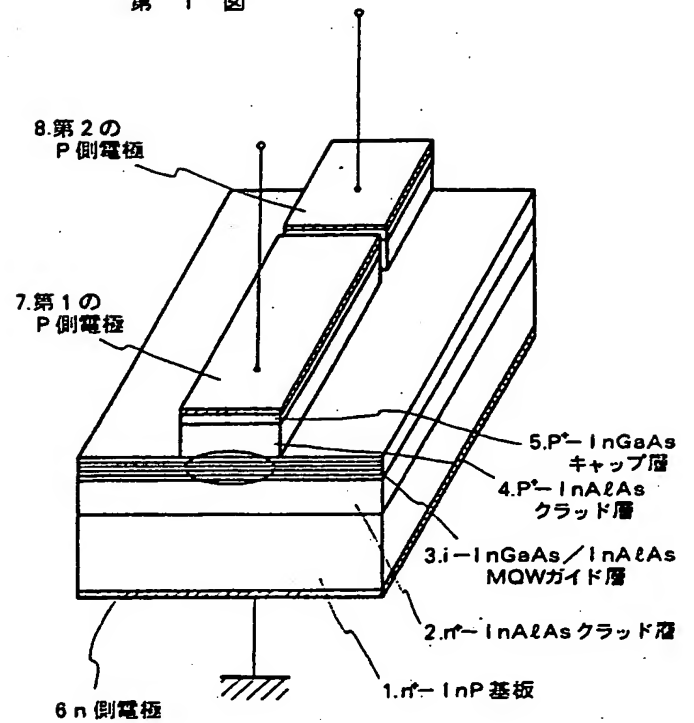
1は $n^+$ -InP基板、2は $n^+$ -InAlAsクラッド層、3はi-InGaAs/InAlAsMQWガイド層、4は $p^+$ -InAlAsクラッド層、5は $p^+$ -InGaAsキャップ層、6はn側電極、7,8はp側電極、11は第1の位相変調器、12は第

2の位相変調器、13は単一電極の位相変調器である。

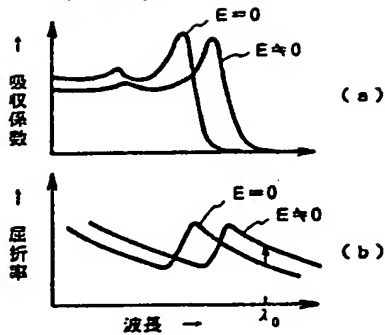
代理人 弁理士 内原 晋

BEST AVAILABLE COPY

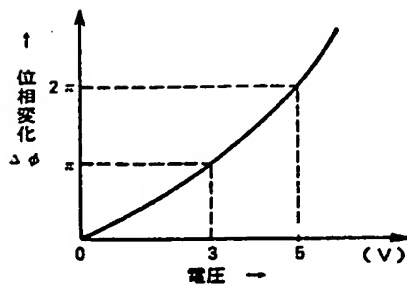
第 1 図



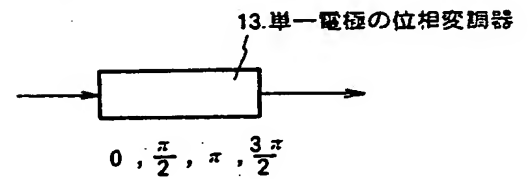
第 2 図



第 3 図

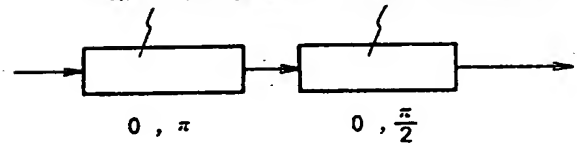


第 4 図



(a)

11.第1の位相変調器 12.第2の位相変調器



(b)